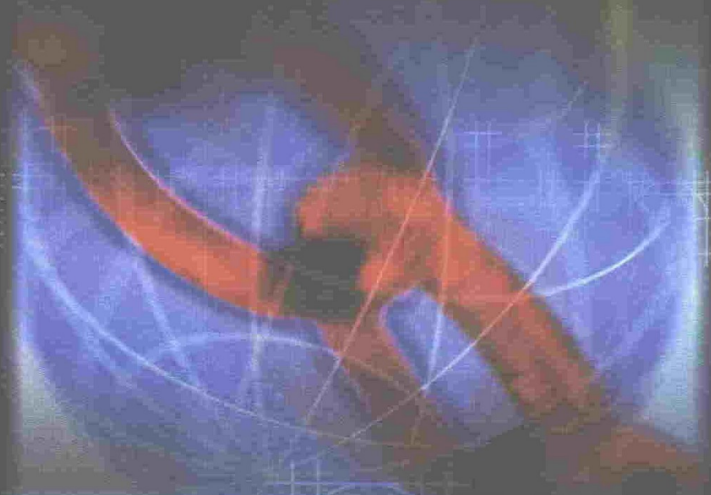
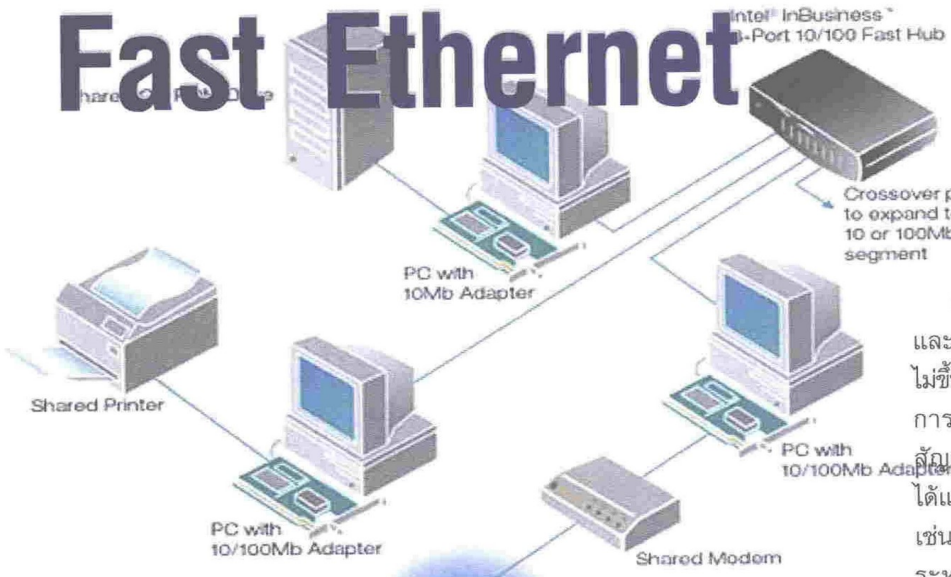
Networking



- สถาปัตยกรรมและโครงสร้างการทำงาน ของระบบเครือข่าย Fast Ethernet
- รอบรู้ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ตอนโมเด็มแม่สื่อชนิดอะซิงโครนัส

■ วิรินทร์ เมฆประดิษฐ์สิน

สถาปัตยกรรมและโครงสร้างการทำงานของระบบเครือข่าย Fast Ethernet

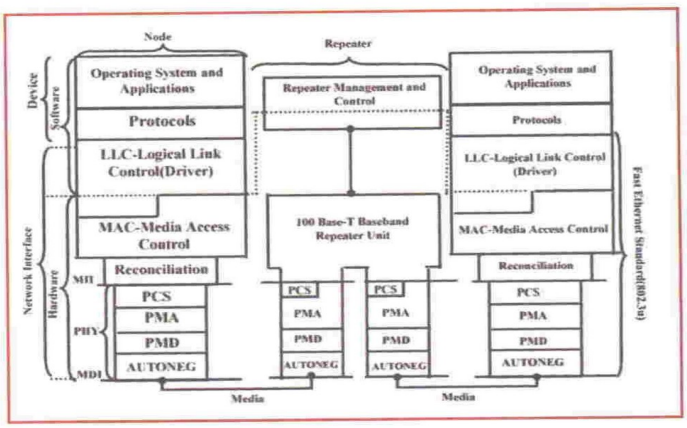


สถาปัตยกรรมและโครงสร้างการทำงานของ Fast Ethernet และสายสัญญาณที่สำคัญสำหรับเครือข่ายกับการออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพ

ฉบับที่แล้วได้กล่าวถึง ชนิดและวิธีการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย Fast Ethernet 100 Mbps ได้พอสมควร ฉบับนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมและโครงสร้างการทำงาน การเชื่อมต่อและสายสัญญาณที่สำคัญสำหรับเครือข่ายชนิดนี้ รวมทั้งแนวทางการออกแบบระบบเครือข่าย Fast Ethernet ด้วย class-I และ class-II Repeater Hub ต่อไป ชนิดของสายสื่อสัญญาณและอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับ Fast Ethernet เช่นเดียวกับเทคโนโลยีเครือข่ายอื่น ๆ ระบบเครือข่าย Fast Ethernet สามารถทำงานบนสื่อสายสัญญาณ ต่าง ๆ ที่สามารถใช้ได้ดีบนเครือข่ายแบบนี้ ได้แก่ สายตีเกลียวแบบ Unshield Twisted Pair (UTP) แบบ Categories 5 และ 3 รวมทั้งสาย Fiber Optic

ระบบเครือข่าย LAN เช่นระบบ Ethernet และ Fast Ethernet จัดได้ว่าเป็นเครือข่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับสายสื่อสัญญาณที่ใช้ หมายความว่าการทำงานขั้นพื้นฐานของมันไม่ขึ้นกับสายสัญญาณที่ใช้งานอยู่ การทำงานขั้นพื้นฐานได้แก่ กฎกติกาการเข้าถึง (Access) เครือข่าย เช่น CSMA/CD เป็นเรื่องของการ Interface ระหว่าง LAN Card หรือ NIC (Network Interface Card) หาใช่อยู่ที่สายสัญญาณไม่ สถาปัตยกรรมเครือข่าย Fast Ethernet เป็นเครือข่ายที่มีรูปแบบที่เรียกว่า Modular หรือประกอบด้วยชั้นของการทำงานอย่างเป็นระบบ ดังตัวอย่างภาพที่ 1

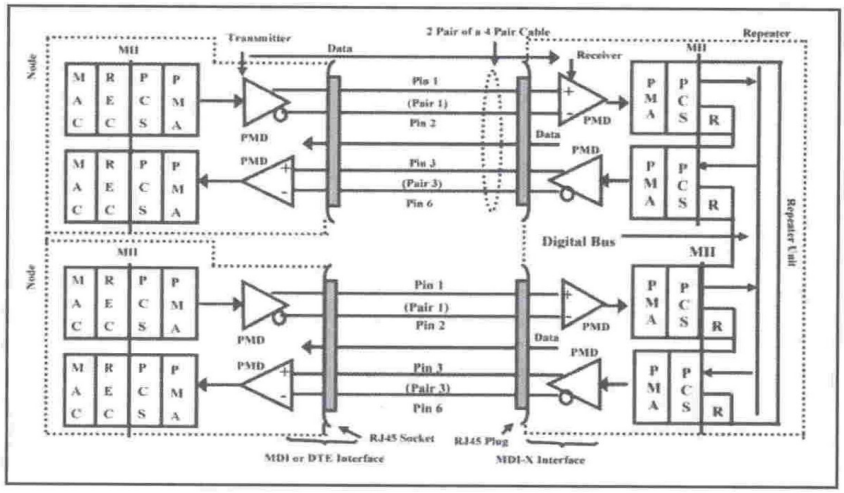
จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นระดับชั้น MAC ของ LAN Card หรือ NIC ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Repeater Hub ทางสายสัญญาณ (ระดับชั้น



รูปที่ 1 แสดงชั้นการทำงานของ Fast Ethernet ใน OSI Model

MAC นี้เป็นระดับชั้นย่อยในระดับชั้น Data Link Layer หรือระดับชั้น 2 ใน OSI Model ที่เรียกว่า PHY เป็นส่วนของการเชื่อมต่อที่ทำงานบน Layer 1 หรือ Physical Layer ใน OSI Model

ข้อแตกต่างที่สำคัญประการหนึ่งและเห็นได้ชัดคือ ระบบเครือข่าย Ethernet ทั่วไปสนับสนุนการเชื่อมต่อแบบบัส (BUS) และแบบ Star ขณะที่เครือข่าย Fast Ethernet สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ Star เท่านั้น และจะต้องเชื่อมต่อระหว่าง Repeater Hub กับสถานีการทำงานหรือคอมพิวเตอร์โดยตรงเท่านั้น นอกจากนี้ระบบเครือข่าย Fast Ethernet ไม่สนับสนุนการเชื่อมต่อด้วยสาย Coaxial ซึ่งเป็นแบบที่ใช้กับเครือข่าย Ethernet ธรรมดา อย่างไรก็ดีระบบเครือข่าย Fast Ethernet ที่ได้รับมาตรฐาน IEEE 802.3u สามารถรองรับการเชื่อมต่อด้วยสื่อสายสัญญาณดังตารางต่อไปนี้



รูปที่ 2 *แสดงการเชื่อมต่อภายใน Connector และสายระหว่าง Node คอมพิวเตอร์กับ Repeater Hub*

มาตรฐาน IEEE 802.3u	ชนิดของสายสัญญาณ
100 Base-TX	ใช้สาย UTP Category 5 โดยใช้สายภายในเพียง 2 คู่สายเท่านั้น
100 Base-T4	ใช้สาย UTP Category 3 หรือ 4 โดยใช้คู่สายภายในทั้ง 4 คู่
100 Base-T2	ใช้สาย UTP Category 3 หรือ 4 โดยใช้คู่สายภายในเพียง 2 คู่
100 Base-TX	ใช้สาย Fiber Optic

มีคำถามว่าระบบเครือข่าย Fast Ethernet สามารถใช้สายตีเกลียวชนิด Shield ที่สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้หรือไม่ คำตอบคือ มาตรฐานการเดินสายสัญญาณของระบบนี้ ไม่ได้ระบุความต้องการที่จะใช้สายระบบเครือข่าย Ethernet ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของชุดเชื่อมต่อ (Connector) สำหรับสาย STP เช่น DB-9 เป็นต้น ยิ่งไปกว่านี้ ท่านจะไม่มีโอกาสได้เห็น LAN Card ที่ใช้ Connector แบบ DB-9 แน่นอน

ระบบเครือข่าย Ethernet ธรรมดา และ Fast Ethernet มักจะถูกเรียกว่าเป็นเครือข่ายที่ทำงานแบบ Haft-Duplex ซึ่งหมายถึง คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับ Repeater Hub จะใช้กฎกติกาการเข้าสู่เครือข่ายเพื่อใช้งานภายใต้กฎกติกา CSMA/CD ตามปกติ มิใช่ กฎกติกา Full Duplex

ระบบ Haft-Duplex หมายถึงการสื่อสารบนเครือข่ายของคอมพิวเตอร์จะต้องเป็นไปในรูปแบบผลัดกันรับหรือส่ง จะรับและส่งในคราวเดียวกันไม่ได้ เนื่องจากภาคการรับและการส่งข้อมูลจะใช้ช่องสัญญาณเดียวกัน แต่ถ้าหากเป็นแบบ Full-Duplex จะมีการแยกสายสัญญาณออกมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลโดยเฉพาะ ดังเช่น 100 Base-TX (ดังภาพ 2) ซึ่งมีการแยกคู่สายสัญญาณออกเป็น 2 คู่ คู่หนึ่งสำหรับส่งข้อมูลและอีกคู่หนึ่งสำหรับรับข้อมูล

การเชื่อมต่อทางกายภาพของ 100Base-TX และ 100Base-FX ระหว่าง LAN Card กับ Repeater Hub (ดังภาพ 2) จัดว่าเป็น Full-Duplex อย่างแท้จริง โดยมีการแยกเส้นทางสำหรับการรับและส่งข้อมูลที่ปลายด้านของคู่สายอย่างชัดเจน

ภาพที่ 2 เป็นการแสดงให้เห็นว่า LAN Card ที่ตัวคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับ Repeater Hub แบบ Full-Duplex ได้อย่างไร หากสังเกตจะเห็นว่า ทางด้านของส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลและส่วนที่ใช้รับข้อมูลตรงที่ PMD,PMA, PCS รวมทั้ง MAC ได้มีการแยกจากกันออกมา ถ้ามองจากคอมพิวเตอร์หรือ Node การรับและส่งข้อมูลถือว่าเป็นการทำงานที่แยกออกจากกันโดยสิ้นเชิง

สำหรับ 100Base-TX ปกติ PMD จะถูกเรียกว่า Transceiver คือมันจะมีทั้งภาครับและภาคส่งในตัว

PMD แต่ละตัวจะใช้สาย UTP 1 คู่สาย เพื่อการสื่อสารกับปลายอีกด้านหนึ่ง อุปกรณ์นี้จะส่งสัญญาณในรูปแบบที่เรียกว่า Balance Signals ออกมา ซึ่งเป็นเรื่องของสัญญาณที่วิ่งอยู่ในสายมีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับสายสัญญาณเส้นอื่น การสื่อสัญญาณแบบ Balance Signals เช่นนี้จะช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนได้ และจะทำให้ เดินสายสัญญาณได้ด้วยระยะทางที่ไกลขึ้นกว่าเดิม ซึ่งก็เป็นเรื่องที่จำเป็นถ้าหากต้องเดินสายยาวถึง 100 เมตร ผิดกับสายสัญญาณ RS-232 ที่ใช้กับพอร์ตอนุกรมที่เดินสัญญาณแบบ Unbalance ซึ่งทำให้สามารถเดินสายยาวได้ไม่เกิน 50 ฟิต หรือมากกว่าเล็กน้อยเท่านั้น

ส่วนที่ปลายอีกด้านหนึ่งหรือช่องเสียบ RJ45 ที่ด้านของ Repeater เขาเรียกว่า MDI-X port ซึ่งที่ MDI-X port จะมีคู่สายที่ 1 ของ RJ45 เชื่อมต่อกับด้านรับของ PHY และคู่สายที่ 3 เชื่อมต่อไปที่ด้านผู้ส่งและที่ด้านของ LAN Card หรือคอมพิวเตอร์ เขาจะเรียกช่องเสียบว่า DTE หรือ MDI port และที่ DTE port นี้ คู่สายที่ 1 ของ RJ45 จะเชื่อมต่อกับ PHY ของเครื่องส่งกับคู่สายที่ 3 ของเครื่องรับ ตาราง1 แสดงตำแหน่งขาชื่อสัญญาณ รวมทั้งสีของสายสัญญาณที่ถูกต้องตามมาตรฐานของ 100Base-TX รวมทั้ง

รูปที่ 3 ที่แสดงถึงตำแหน่งสีของสายสัญญาณบน RJ45 ที่ถูกต้องตามมาตรฐาน

ตำแหน่ง TRANMIT หรือ TX บน LAN Card กับตำแหน่ง TX บน Repeater จะเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นการเชื่อมต่อของคู่สายภายในระหว่าง คอมพิวเตอร์พร้อม LAN Card กับ Repeater Hub จะเป็นแบบที่เรียกว่า Straight though Cable ที่เขาเรียกว่า Straight though Cable ก็เนื่องจาก ขา 1 ถึง ขา 8 ของ Connector ของปลายด้านหนึ่งจะเชื่อมต่อกับอีกด้านหนึ่งแบบขาต่อขา เช่น ขา 1 กับ 1 ขา 2 กับ 2 เป็นต้น ดังรูปตัวอย่างที่ 4

การเชื่อมต่อสายภายในของ 100Base-FX

การเชื่อมต่อของสาย Fiber Optic บน 100Base-FX จะมีรูปแบบลักษณะการทำงานที่คล้ายกันกับ 100Base-TX มาก จะมีความแตกต่างอยู่บ้างก็ตรงที่ PMD หรือ Physical Media Department

PMD เป็นระดับชั้นย่อยของ Physical Layer ที่ทำงานบนมาตรฐาน IEEE 802.3 โดยที่ PMD ถูกนิยามมาตรฐานการส่งสัญญาณบนสายสัญญาณ รวมทั้งมาตรฐานของ Connector และ Interface ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง PMD กับสายสัญญาณ

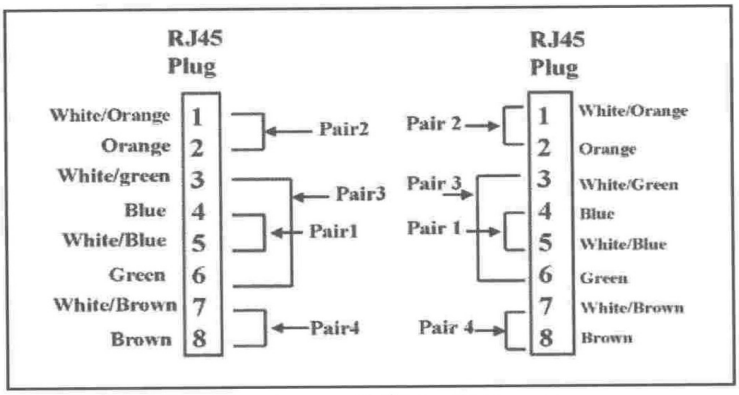
บนการเชื่อมต่อของ 100Base-FX แทนที่จะกำหนดให้มีตัวส่งและตัวส่งที่ปลายสายทั้งสองด้านอย่างสมดุลย์กัน ระบบ 100Base-FX จะใช้ LED หรือ เครื่องส่งที่ใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นแหล่งจ่ายพลังงานแสงที่ปลายด้านของผู้ส่งและตัวตรวจจับแสงที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ระบบ 100Base-TX กับ 100Base-FX ต่างก็ใช้วิธีการส่งสัญญาณที่เหมือนกัน แต่ที่ไม่เหมือนกันอีกประการหนึ่งคือ ระบบ 100Base-TX จะใช้สายสัญญาณ 2 เส้นส่งข้อมูลแบบที่เรียกว่า Balance Signals ขณะที่ระบบ 100Base-FX จะใช้จังหวะพัลซ์ของแสง ความที่เหมือนกันของ 100Base-TX และ 100Base-FX ทำให้ Repeater Hub ที่เป็นแบบ Class I สามารถมีทั้ง 100Base-TX และ 100Base-FX อยู่ใน Hub เดียวกัน ลักษณะการเชื่อมต่อของ 100Base-FX เป็นไปตามภาพที่ 5

การเชื่อมต่อสายภายใน 100Base-T4

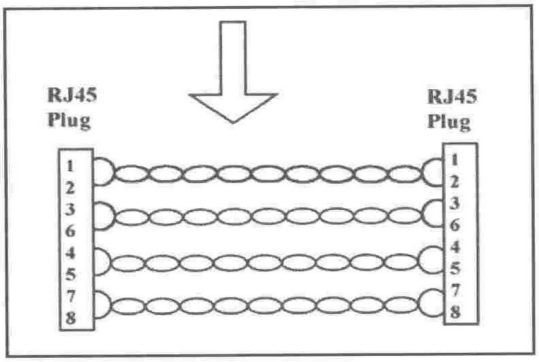
100Base-T4 มีความแตกต่างจาก 100Base-TX และ FX โดยสิ้นเชิง และยังสามารถใช้สาย Category 3 และ Category 4 ซึ่งเป็นสายสัญญาณที่ไม่สามารถใช้กับ 100Base-TX ได้ 100Base-T4 ใช้คู่สายภายใน Category 3 หรือ 4 ทั้ง 4 คู่สาย แทนที่จะเป็น 2 คู่สาย และเช่นเดียวกับ 100Base-TX 100Base-T4 มีการส่งสัญญาณแบบ Balanced เช่นกัน

ตาราง 1 แสดงรหัสสีและตำแหน่งขาของ 100Base-TX

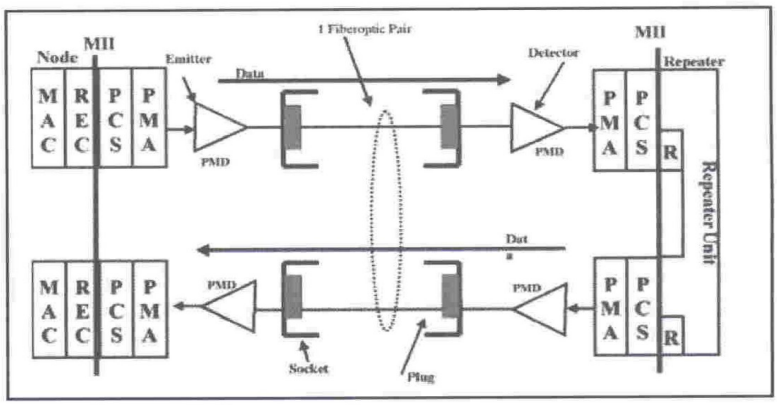
Pin Number	Signal Name	Cable Code
1	Transmit +	White / Orange
2	Transmit -	Orange / White
3	Receive +	White / Green
4	Unused	
5	Unused	
6	Receive -	Green / White
7	Unused	
8	Unused	



รูปที่ 3 แสดง Connector และรหัสสีของ 100 Base-TX

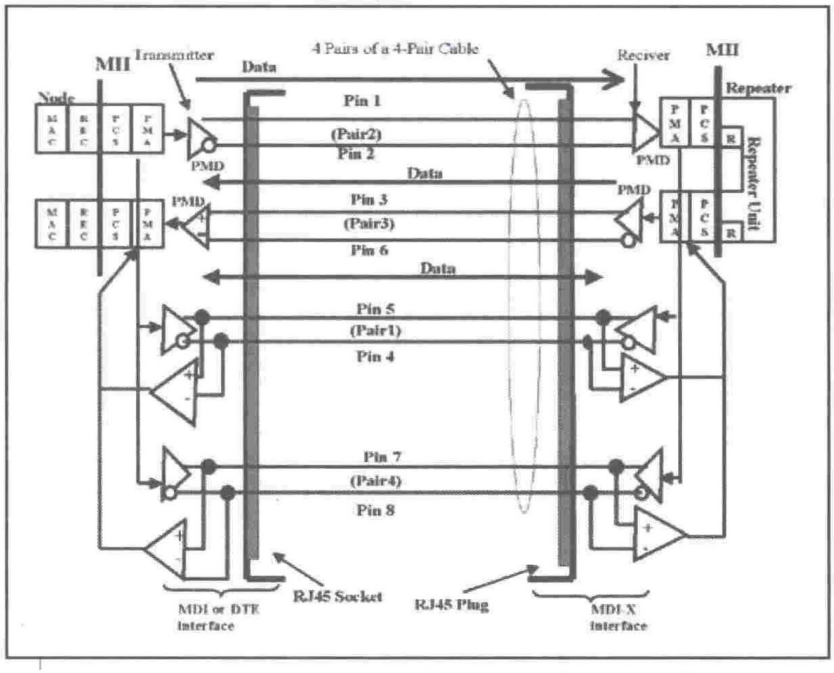


รูปที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อสายแบบขาต่อขาที่ตรงกัน (Straight though) สำหรับ Node เชื่อมต่อกับ Repeater Hub



รูปที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อสายภายใน 100 Base-FX

100Base-T4 ใช้คู่สายที่ 2 และ 3 เพื่อการส่งข้อมูลและรับข้อมูลแบบเดียวกับ 100Base-TX อย่างไรก็ดี 100Base-T4 ใช้คู่สาย 1 และ 2 เพื่อทำงานแบบ 2 ทาง ทำให้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับ Repeater Hub มีการทำงานแบบ Haft Duplex เมื่อใดที่คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลมันจะใช้คู่สาย 2 คู่สายที่ 1 และ 4 และเมื่อ Repeater Hub จะส่งข้อมูล มันจะใช้คู่สายที่ 3 คู่สายที่ 1 และ 4 ดังนั้น 100Base-T4 จึงมีจุดด้อยตรงที่ทำงานแบบ Haft Duplex ภาพที่ 6 แสดงการเชื่อมต่อไปในของคู่สายต่าง ๆ สำหรับ 100Base-T4 และ ตารางที่ 2 แสดงสีและคู่สายของ 100Base-T4 เช่นกัน



รูปที่ 6 แสดงการเชื่อมต่อสายภายใน 100Base-T4

การทำงานระหว่าง Node กับ Node ด้วยกัน

ข้อได้เปรียบประการหนึ่งของเครือข่าย Ethernet คือคอมพิวเตอร์ หรือ Node กับ Node ด้วยกันสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรงไม่ต้องผ่าน Repeater Hub ด้วยสายตีเกลียวแบบ UTP เพียงเส้นเดียวเท่านั้น บนเครือข่าย Fast Ethernet ก็เช่นเดียวกัน ที่ทำเช่นนี้ได้ ก็เนื่องจาก Node กับ Repeater Hub ใช้ PHY ด้วยเช่นเดียวกัน และการเชื่อมต่อกันโดยไม่ต้องมี Repeater Hub นี้ ทำได้โดยการเชื่อมสายที่เรียกว่า Cross Over หรือ Null Repeater หรือที่เราเรียกว่าการทำไขว้สายภายใน การเชื่อมต่อแบบ Cross Over มิได้เชื่อมต่อกันโดยตรงแบบขาต่อขา แต่จะเชื่อมแบบไขว้กันระหว่างคู่สาย 2 กับ 3 ดังภาพที่ 7

ต่อไปนี้เป็นตารางแสดงตำแหน่งการเชื่อมสายแบบ Cross Over ของ100Base-TX และ 100Base-T4

ตารางที่ 2 แสดงรหัสสีและตำแหน่งการเข้าหัวสาย สำหรับ 100Base-T4

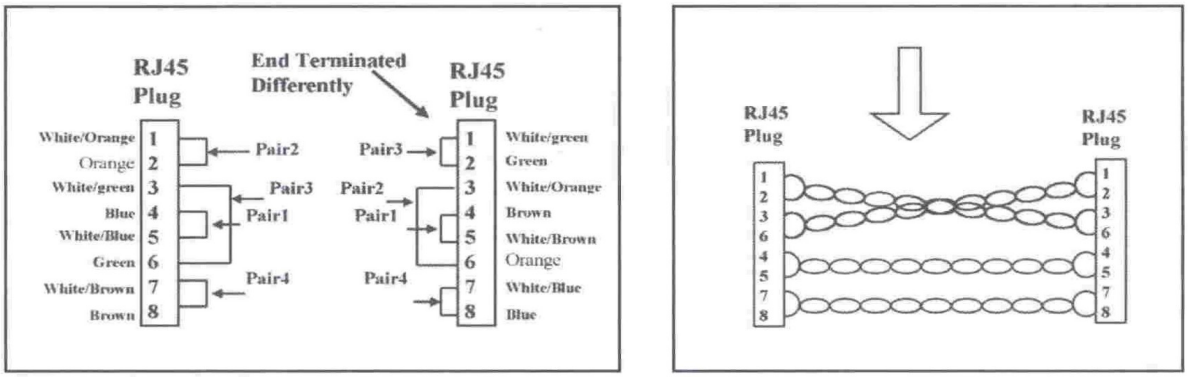
Pin Number	Signal Name	Cable Code
1	TX_D1+	White/Orange
2	TX_D1-	Orange/White
3	RX_D2+	White/Green
4	BI_D3+	Blue/White
5	BI_D3-	White/Blue
6	RX_D2-	Green/White
7	BI_D4+	White/Brown
8	BI_D4-	Brown/White

วิธีการคำนวณหาค่า Round Trip สำหรับ Fast Ethernet

ท่านสามารถคำนวณหาขนาดของ Network Diameter ด้วยการใช้สมการดังต่อไปนี้

Pin Number	Category-5 UTP Cable		Type-1 STP Cable	
	No Crossover Signal Name	Crossover Signal Name	No Crossover Signal Name	Crossover Signal Name
1	Transmit+	Receive+	Receive+	Transmit+
2	Transmit-	Receive-	Unused	Unused
3	Receive+	Transmit+	Unused	Unused
4	Unused	Unused	Unused	Unused
5	Unused	Unused	Transmit+	Receive+
6	Receive-	Transmit	Receive-	Transmit-
7	Unused	Unused	Unused	Unused
8	Unused	Unused	Unused	Unused
9	N/A	N/A	Transmit-	Receive-
Shell	N/A	N/A	Chassis	Chassis

ตารางที่ 3
แสดงการเดินสายแบบไขว้สาย
(Cross Over สำหรับ 100Base-TX)



รูปที่ 7 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อแบบไขว้สายสำหรับ Fast Ethernet

(Repeater delays + cable delays + NIC delays) x2 < Maximum round-trip delay

● ดูตาราง Round Trip Delay จากข้างล่าง จะเห็นว่า 51.6 (s สำหรับ 10 Mbps และ 5.12 (s สำหรับ Fast Ethernet และ 4.096 (s สำหรับ Gigabit Ethernet

● ให้คิดถึง ข้อมูลที่ส่งออกมาจาก Station ผู้ส่งไปยังจุดที่เกิด Collision Delay แล้วย้อนกลับมาที่ผู้ส่ง

● ตรวจสอบ Latency หรือ Delay ของ LAN Card จากผู้ผลิต ดูว่ามีประมาณเท่าใด Repeater โดยทั่วไปมี Latency ประมาณ 2 (s หรือน้อยกว่า ส่วน Class I Repeater Delay อยู่ที่ 0.7 (s ส่วน Class II มักอยู่ที่ 0.46 (s ส่วน LAN Card มักอยู่ที่ 0.25 (s สำหรับ Fast Ethernet และ 1 (s สำหรับ 10 Mbps

● ตรวจสอบ Delay ของสาย Cable ดูว่ามีค่าเท่าใด Individual network component delays for calculation of network diameter

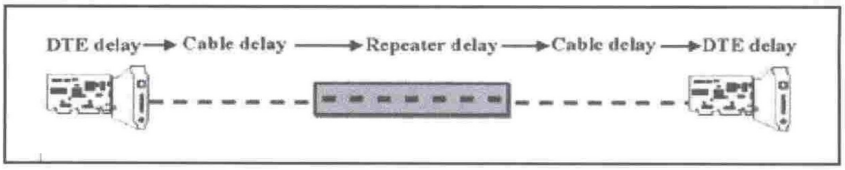
กฎกติกาของ Fast Ethernet Topology

ภายใต้มาตรฐาน Fast Ethernet มีกฎกติการอยู่ 2 ชุด เรียกว่า Transmission Model ซึ่งกำหนดขนาดขอบข่ายของการสื่อสารของอุปกรณ์ต่าง ๆ บน Fast Ethernet ที่ทำงานภายใต้ Collision Domain เดียวกัน เราเรียกกฎ Model-1 ซึ่งเป็นกติกาแบบง่ายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครือข่าย LAN ทั่วไป ส่วนกฎอีกชุดหนึ่งเรียกว่า Module-2 เป็นกฎกติกาที่มีความซับซ้อนมากกว่า อีกทั้งเป็นกฎกติกาที่จะต้องนำมาใช้กับ Fast Ethernet เท่านั้น

ตารางที่ 4 แสดงการเดินสายแบบไขว้สายสำหรับ 100Base-T4

Pin Number	Signal Name	Pin Number	Signal Name
1	TX_D1+	1	RX_D2+
2	TX_D1-	2	RX_D2-
3	RX_D2+	3	TX_D1+
4	RX_D2-	4	TX_D1-
5	BI_D3+	5	BI_D4+
6	BI_D3-	6	BI_D4-
7	BI_D4+	7	BI_D3+
8	BI_D4-	8	BI_D3-

Component	Maximum Delay Times in (s
Two Fast Ethernet NICs or switch ports	0.5
Fast Ethernet MII	0.2
100 m Category 5 cable segment	0.556
1 m Category 5 cable	0.00556
100 m Fiber optic cable segment	0.5
1 m fiber cable	0.005
Fast Ethernet Class I repeater	0.7 max
Fast Ethernet Class II repeater	0.46 max
Two Gigabit Ethernet NICs	0.864 max
Gigabit Ethernet repeater	0.488 max



กฎกติกา Model-1

กฎกติกานี้ได้สมมติว่าอุปกรณ์ทุกชนิดบนเครือข่ายจะต้องมีค่าหน่วงเวลา (Delay) ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น มีการสมมติว่า ค่า Nominal ของ Propagation Delay (ค่าหน่วงเวลาเล็กน้อยตามการประมาณค่าของสาย UTP แบบ Category 5 คือ 5.7 ns/m (นาโนวินาทีต่อ 1เมตร) หรือคิดเป็น 0.570 BT/m (Bit Time ต่อเมตร : Bit Time เป็นเวลาที่ใช้ไปกับการเดินทางของข้อมูล 1 บิต บนเครือข่าย Ethernet ธรรมดา จะมีค่าอยู่ที่ 100 (s (ไมโครวินาที) ส่วน Fast Ethernet มีค่าอยู่ที่ 10(s) สาย UTP ที่เราหาซื้อได้ทั่วไปจะมีค่า NOMINAL Propagation Delay ที่ดีกว่า 0.570 BT/m ดังนั้นการออกแบบเครือข่าย Fast Ethernet ในปัจจุบัน ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องค่า Slot Time เกิน (เรื่องของ Slot Time กรุณาดูรายละเอียดการทำงานและเงื่อนไขในวารสารไมโครฉบับก่อน ๆ)

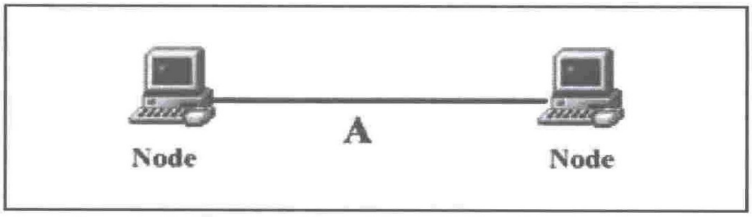
กฎกติกา Model-2

กฎกติกาข้อที่ 2 มีความยืดหยุ่นกว่า แต่ก็มีความซับซ้อนกว่า กฎนี้กำหนดไว้ว่า ค่าของ Propagation Delay ที่แท้จริงของอุปกรณ์ทั้งหมดบน Segment (หรือ Repeater Hub) จะต้องมีค่าที่สามารถวัดได้อย่างแน่นอน ค่าเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เพื่อกำหนด Worst-case path Delay บน segment (ค่า Worst-case path Delay เป็นค่าหน่วงเวลาของสัญญาณที่วิ่งออกมาจากแหล่ง (ในที่นี้คือ LAN Card) ผ่านสาย UTP เข้าไปที่ Repeater Hub แล้วออกจาก Repeater Hub ผ่านสาย UTP ไป LAN Card ของผู้รับปลายทาง ซึ่งกำหนดไว้ว่าจะต้องไม่เกินค่าของ Slot Time ที่กำหนดไว้ มิเช่นนั้นการเชื่อมต่อสื่อสารบน Fast Ethernet ไม่สามารถทำได้

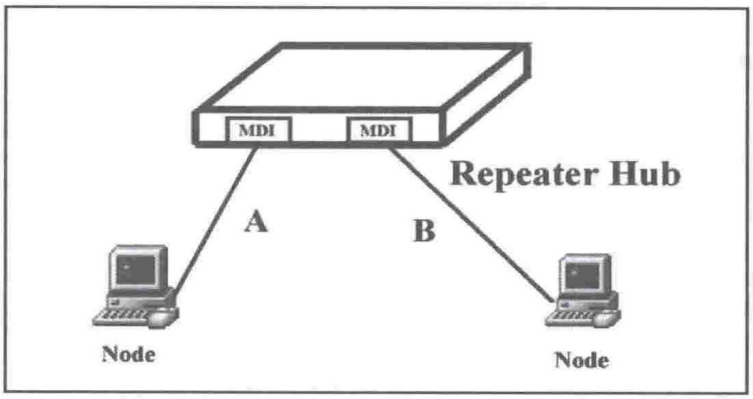
รายละเอียดกฎกติกา MODEL-1

กฎกติกาของ Model-1 ได้กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อ 3 แบบ ที่นำมาใช้เพื่อการออกแบบเครือข่าย Fast Ethernet กฎกติกาที่กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อทั้ง 3 แบบมีดังนี้

- ระยะทางความยาวสายทองแดงสำหรับ UTP Cat-5 Cat-4 หรือ Cat-3 จะต้องไม่เกิน 100 เมตร
- ระยะทางความยาวของ Fiber Optic แบบ Multi mode หรือแบบ Single mode จะต้องไม่เกิน 412 เมตร
- การเชื่อมต่อระหว่าง MAC กับ PHY (สาย MII) จะต้องไม่เกิน 0.5 เมตร (ในกรณีที่เชื่อมต่อ LAN Card กับอุปกรณ์อื่น โดยผ่าน Transceiver)



รูปที่ 8 แสดงการเชื่อมต่อแบบที่ 1 สำหรับ Model-1+



รูปที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อแบบที่ 1 ระหว่าง Node กับ Hub

คำอธิบาย

การเชื่อมต่อในหัวข้อแรกเหมาะสำหรับการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องใช้ Repeater Hub ดังภาพ 8 การเชื่อมต่อแบบนี้เรียกว่าเป็นการเชื่อมต่อระหว่าง DTE ด้วยกัน

หมายเหตุ: อุปกรณ์ที่เป็น Hub อาจเป็นได้ทั้ง Repeater Hub หรือ Switching Hub รวมทั้ง Router ก็ได้

จากภาพที่ 8 และ 9 สายสื่อสัญญาณ A สามารถมีความยาวดังนี้:

รูปแบบการเชื่อมต่อที่สอง เหมาะสำหรับ Fast Ethernet ที่มีการเชื่อมต่อกันผ่าน Repeater Hub ที่มีเพียง Repeater Hub แบบ Class II หรือ Class I เพียงตัวเดียว (ดังรูปที่ 9)

สายส่งสัญญาณ	ความยาวสูงสุดของ A
สายทองแดงทุกชนิด	100 เมตร
สาย Fiber Optic ทำงานแบบ Half-Duplex	412 เมตร
สาย Fiber Optic ทำงานแบบ Half-Duplex	2000 เมตร

รายการต่อไปนี้ แสดงให้เห็นความยาวสูงสุดของสายสัญญาณที่เชื่อมต่อแบบผสมกัน ระหว่าง A กับ B ดังตารางที่ 7

รูปแบบการเชื่อมต่อที่ 3 ถูกนำมาใช้ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ Repeater Hub

ทีเป็นแบบ Class II 2 ชุดเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 10

กฎกติกา Modeel-1 ได้กำหนดให้จุด C เป็นสายทองแดงที่มีความยาวต้องไม่เกิน 5 เมตร และมีข้อกำหนด ตามตัวอย่างในตารางที่ 8

โปรดสังเกตดูว่าความยาวสูงสุดของสายทองแดงจะไม่เกิน 100 เมตร เสมอ แต่ความยาวของสาย Fiber อาจแปรผันไปตามชนิดของ PHY เช่นกัน

ตารางที่ 7

Link A Media	Link B Media	Repeaters	Max A	Max B	MaxDiameter
Cat-5, -4, -3 (TX,FX)	Cat-5, -4, -3 (TX,FX)	Class I or II	100	100	200
Cat-5 (TX)	Fiber (FX)	Class I	100	160.8	260.8
Cat-3 or -4(T4)	Fiber (FX)	Class I	100	131	231
Fiber (FX)	Fiber (FX)	Class I	136	136	272
Cat-5 (TX)	Fiber (FX)	Class II	100	208.8	308.8
Cat-3 or -4(T4)	Fiber (FX)	Class II	100	204	304
Fiber (FX)	Fiber (FX)	Class II	100	160	320

ตารางที่ 8

Link A Media	Link B Media	Max A	Max B	Max Diameter
Cat-5, -4, -3 (TX,FX)	Cat-5, -4, -3 (TX,FX)	100	100	200
Cat-5 (TX)	Fiber (FX)	100	116.2	216.2
Cat-3 or -4(T4)	Fiber (FX)	100	136.3	236.3
Fiber (FX)	Fiber (FX)	114	114	272

รายละเอียดกฎกติกา Model-2

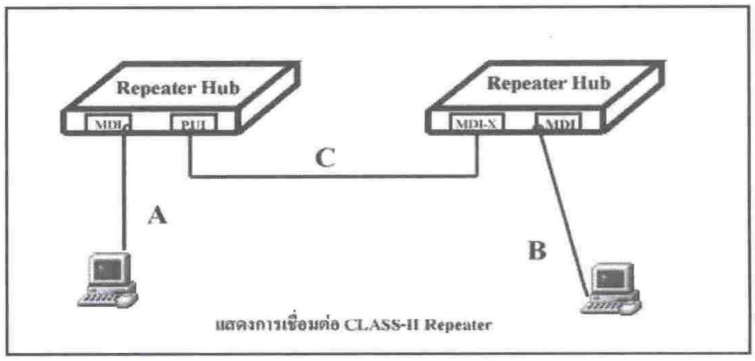
ขนาดของเครือข่ายและจำนวนของ Repeater Hub ในระบบ Fast Ethernet จะถูกจำกัดโดยความยาวของสายทองแดง (100 เมตร) และโดยปัจจัยที่เรียกว่า Worst-Case round Trip Collision Delay หรือบางทีเรียกว่า Collision Windows และ ขนาดของ Collision Windows สูงสุด เรียกว่า Slot Time ซึ่งก็คือมีค่าไม่เกิน 512 Bit Time

เช่นเดียวกับกฎ Model-1 กติกาใน Model-2 ได้กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อไว้ 3 รูปแบบ ดังนี้ อย่างไรก็ตาม Model-2 ได้กำหนดไว้ว่า ไม่เพียงแต่จะต้องคำนึงถึงค่าของ Propagation Delay ที่คิดเป็น Bit Time (1 Bit Time = 10 ns) ของสายสัญญาณเท่านั้นแต่จะต้องคำนึงถึง ค่า Delay ของอุปกรณ์ทุกรายการในเครือข่าย ซึ่งก็ได้แก่ LAN Card สายสัญญาณที่คิดค่า Bit Time ต่อ 1 เมตร ค่า Delay ของ Repeater Hub แล้วคูณด้วย 2 (ซึ่งเหตุที่ต้องคูณด้วย 2 ก็เนื่องจาก เราจะต้องคิดค่าเวลาเดินทางไปกลับ คิดเป็น 1 Slot Time ซึ่งจะต้องไม่เกิน 512 Bit Time

ปกติค่า Propagation Delay ของ LAN Card ตัว Repeater Hub จะขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิต อุปกรณ์ที่มีราคาถูกมักจะมี Propagation Delay มากกว่า อุปกรณ์ที่มีราคาแพง ซึ่งเป็นเรื่องปกติที่ทำให้การออกแบบเครือข่ายไม่ยืดหยุ่น และมีข้อจำกัด ดังนั้นการออกแบบเครือข่าย Fast Ethernet ให้พิจารณาค่า Slot Time ของเครือข่ายโดยกำหนดว่าห้วงเวลาไปกลับไม่เกิน 512 Bit Time เป็นใช้ได้ ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างค่า Propagation Delay ของอุปกรณ์คิดเป็น Bit Time ดังตารางที่ 9

ตัวอย่างการออกแบบที่ 1

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการเชื่อมต่อระหว่าง Repeater Hub กับ Node ต่าง ๆ ที่มีความยาวแตกต่างกัน โดยหา



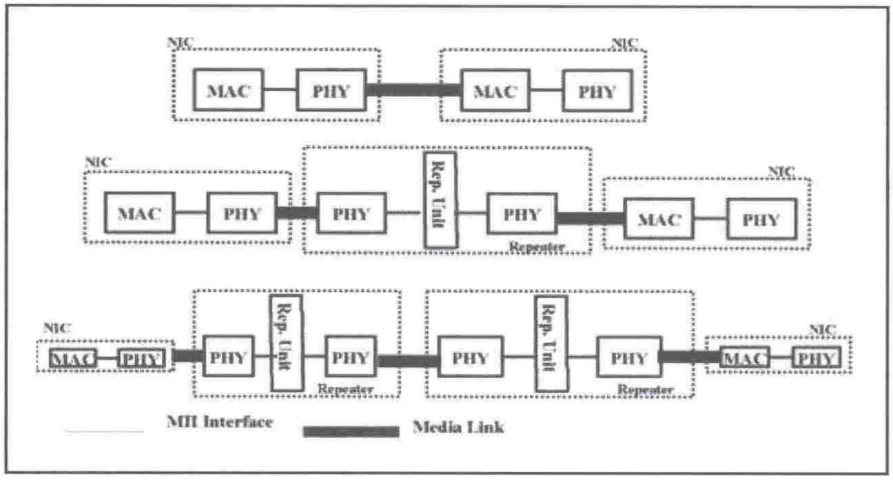
รูปที่ 10 แสดงการเชื่อมต่อ Class II Repeater

ตารางที่ 9

อุปกรณ์	ค่า Delay คิดเป็น Bit Time
Class-I Repeater	70
Class-II Repeater (แบบ T4 ทั้งหมด)	33.5
Class I Repeater (ผสมกันระหว่าง TX/T4/FX)	46
LAN Card สำหรับ TX หรือ FX	25
LAN Card สำหรับ T4	34.5

ตารางที่ 10

ชนิดของสายสัญญาณ	ค่า Delay คิดเป็น Bit Time ต่อ เมตร
Category 3 และ 4	0.57
Category 5	0.556
สาย Fiber Optic	0.5



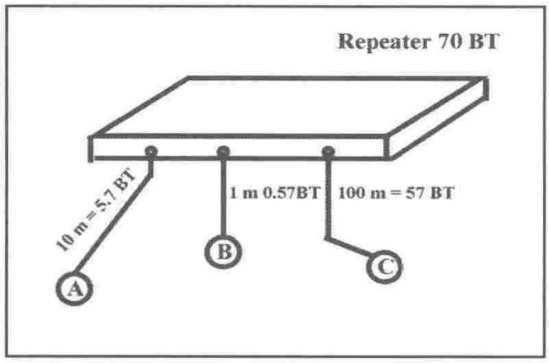
รูปที่ 11 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ ภายใต้ Model-II

ตัวอย่างการออกแบบ 2

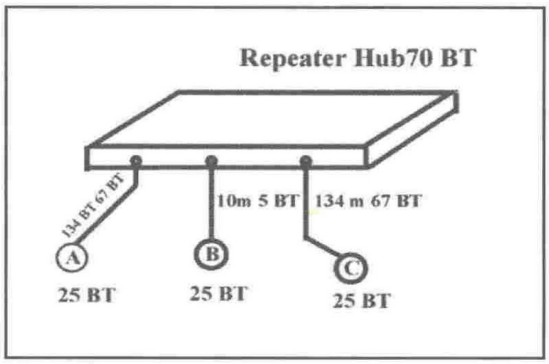
สมมติว่าตัวอย่าง 2 ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อที่มีขนาดความยาวต่างกัน และมีจุด B ที่มีความยาวสายเกินกว่า 100 เมตร ในการออกแบบเครือข่ายจะต้องทราบว่า จุด B และจุด A สามารถสื่อสารกันได้หรือไม่ รวมทั้งการสื่อสารระหว่างจุด C กับ A และ B เป็นต้น (ดังรูปที่ 13)

จากตัวอย่าง 2 เราสามารถคำนวณโดยใช้สูตรเพื่อได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 11

จะเห็นว่าสายสัญญาณที่ยาวที่สุด (134 m) ยังมีค่า Delay เมื่อคิดเป็น Slot Time แล้ว ยังสามารถ



รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างการออกแบบที่ 1



รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างการออกแบบที่ 2

ค่า Round Trip Delay เพื่อดูว่า Node ต่าง ๆ สามารถสื่อสารกันได้หรือไม่ หลักการหาค่า Slot Time เพื่อกำหนด Network Diameter สามารถคำนวณได้จาก Propagation Delay กับสูตรในการคำนวณ ตามตัวอย่างดังรูปที่ 12 นี้

ค่าที่คำนวณได้ในแต่ละจุดเชื่อมต่อนี้ เป็นค่า Delay แบบ ทางเดียวเท่านั้น ดังนั้นการจะต้องนำมาคูณด้วย 2 เสมอ (Delay ของเส้นทางไปกลับ) ซึ่งจะต้องไม่เกิน

จุดเชื่อมต่อ	ค่า Delay
A⟶B	25+5.7+70+0.57+25 = 126
A⟶C	25+5.7+70+57+25 = 183
B⟶C	25+0.57+70+57+25 = 178

512 Bit Time หากจุดเชื่อมต่อจุดใดจุดหนึ่งมีค่าไปกลับเกิน 512 Bit Time จุดเชื่อมต่อนั้นจะใช้ไม่ได้

หมายเหตุ: 25 Bit Time เป็นค่า Propagation Delay ของ LAN Card ซึ่งจะต้องคำนวณค่า Delay ทั้งทางฝั่งผู้รับและผู้ส่งด้วย

Item	Prop Delay (In bt/m)	Quantity	X2 for Round Trip	Total Prop Delay
Network Interface PHY on Each Node	25	X2	X2	100
Class-I Repeater	70	X1	X2	140
134 Meters Cat-5 Cable	67	X1	X2	134
134 Meters Cat-5 Cable	67	X1	X2	134
Safety Margin				4
Total Round-Trip Propagation Delay				512
Bit-Time Margin (512- Total)				0

ตารางที่ 11

เชื่อมต่อกันได้ คือไม่เกิน 512 BT เมื่อคิดระยะทางไปกลับ การเชื่อมต่อจึงเป็นไปได้

ฉบับหน้าโปรดติดตาม ทฤษฎีและหลักการทำงานเชิงปฏิบัติของเครือข่าย GIGABIT ETHERNET.